

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002127058
 PUBLICATION DATE : 08-05-02

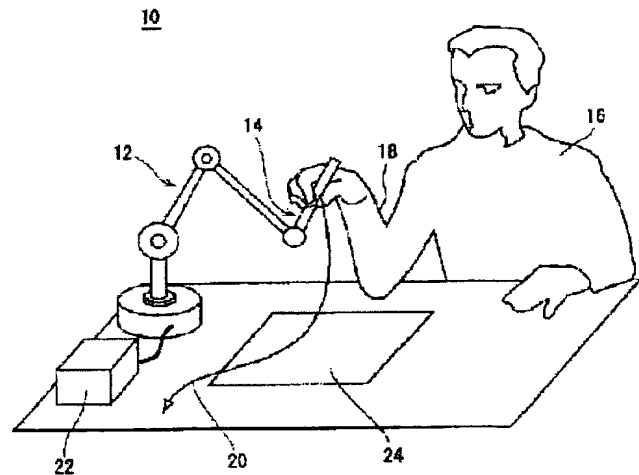
APPLICATION DATE : 26-10-00
 APPLICATION NUMBER : 2000326304

APPLICANT : SANYO ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : KAWAKAMI HIDEO;

INT.CL. : B25J 9/22 B25J 13/00 // A61H 1/02

TITLE : TRAINING ROBOT, TRAINING ROBOT
 SYSTEM AND TRAINING ROBOT
 CONTROL METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To secure safety by imparting flexibility of restriction to a motional trajectory and time, and perform a smooth action for reducing an unpleasant feeling and a burden.

SOLUTION: This training robot 10 takes three-dimensional action of the body by a person on the basis of training and skill in a robot controller 22 including a computer for controlling a robot arm 12 as teaching data, and presents the motion again to a patient or a user 16 or a trainee directly or via a network 52 to perform a training action on the limbs, for example, the upper limbs of the person supported by the robot arm.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-127058
(P2002-127058A)

26

(43) 公開日 平成14年5月8日 (2002.5.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
B 2 5 J	9/22	B 2 5 J	Z 3 F 0 5 9
	13/00		Z
// A 6 1 H	1/02	A 6 1 H	Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-326304(P2000-326304)

(22) 出願日 平成12年10月26日 (2000.10.26)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構、医療福祉機器技術研究開発身体機能リハビリ支援システム委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 河上 日出生

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100090181

弁理士 山田 義人

Fターム(参考) 3F059 AA10 BC04 BC07 DA08 FA03

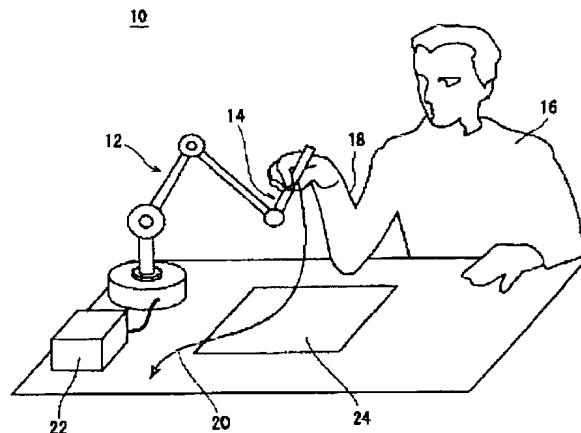
FB01 FB05 FC07

(54) 【発明の名称】 訓練ロボット、訓練ロボットシステムおよび訓練ロボットの制御方法

(57) 【要約】

【構成】 この訓練ロボット10は、訓練、スキルに基づく人による身体の3次元動作を教示データとして、ロボットアーム12を制御するコンピュータを含むロボットコントローラ22に取り込み、改めてその運動を直接またはネットワーク52を通じて患者または利用者16あるいは訓練者等に提示することにより、ロボットアームに支持される人の肢体、例えば上肢の訓練動作を実行する。

【効果】 運動軌道、時間に対する拘束の柔軟性を有するため、安全性を確保できると共に、不快感や負担の少ない滑らかな動作が可能となるものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ロボットアームを駆動する駆動手段、および人による身体の動作や行為に基づく運動を元に決定された3次元動作軌道に、速度および時間を関連づけて得られた運動データに基づき、前記ロボットアームにより支持された人の肢体の動きが前記3次元動作軌道を再生するように前記駆動手段を制御する運動再生制御手段を備える、訓練ロボット。

【請求項2】前記運動再生制御手段は、前記ロボットアームにより支持された人の肢体を、前記3次元動作軌道に対して柔軟な拘束を行うように前記ロボットアームを制御する拘束手段を含む、請求項1記載の訓練ロボット。

【請求項3】前記拘束手段は、前記3次元動作軌道に沿って接線方向に牽引力または抵抗力を発生する手段を含む、請求項2記載の訓練ロボット。

【請求項4】前記ロボットアームの動作軌道を表示する表示手段をさらに備える、請求項1ないし3のいずれかに記載の訓練ロボット

【請求項5】前記運動データが保存されたデータ保存手段をさらに備える、請求項1ないし4のいずれかに記載の訓練ロボット。

【請求項6】人による身体の動作や行為に基づく運動を教示データとして取得する教示データ取得手段をさらに備える、請求項5記載の訓練ロボット。

【請求項7】訓練やスキルに基づく人による身体の3次元動作を運動データとして作成し保存するコンピュータ、前記コンピュータから前記運動データを利用者に配信する通信手段、および前記通信手段を介して受信した運動データを人の3次元動作に再現して利用者に提示する訓練ロボットを含む、訓練ロボットシステム。

【請求項8】前記訓練ロボットは、ロボットコントローラおよびロボットアームを含む、請求項7記載の訓練ロボットシステム。

【請求項9】人による身体の動作や行為に基づく運動を元に決定された3次元動作軌道を再生するようにロボットアームを制御する訓練ロボットの制御方法であって、前記3次元動作軌道に速度および時間を関連づけて得られた運動データに基づき、前記ロボットアームにより支持された人の肢体を前記3次元動作軌道に対して柔軟な拘束を行うように前記ロボットアームを制御する、訓練ロボットの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は訓練ロボットに関し、特にたとえば人による身体の3次元動作を再現して人に提示することができる訓練ロボット、この3次元運動をネットワークを通じて利用者に提示する訓練ロボットシステム、および訓練ロボットの制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、ロボットアームに工場内の定型作業の動作をオンラインまたはオフラインで教示し、登録した動作軌道に沿ってロボット自身が正確に移動して部品等の組み立て作業などの効率化を行っている。

【0003】しかしながら、従来の軌道教示・生成・運動アルゴリズムはロボット自身の運動を対象としたものであり、人による身体の3次元運動そのものを記録（登録）し、人の動作や行為を再現することを考慮したものではない。

【0004】ところで、ロボットに動作を教示する方法としてはティーチングプレイバック方式がある。この方式は、実際にロボットを所望の位置や姿勢をとるように訓練士などがロボットアームを手で駆動して動作を教示する手法である。

【0005】また、ロボット言語を用いてロボットの動作をプログラム化して教示するプログラミング方式もある。このプログラミング方式は、コンピュータと、このコンピュータに接続された入力装置としてのキーボードやマウスと、さらに表示装置としてのCRTディスプレイを含む。

【0006】そして、コンピュータは入力装置により入力された動作モデルを解析し、その内容を所定のロボット言語で表現することにより、動作プログラムを生成すると共に、生成中の動作プログラムをロボットコントローラに送り、ロボットコントローラは教示データの入力によって完成した動作プログラムに基づいてロボットを動作させるものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一方、スポーツや書道のような芸術などの訓練（トレーニング）やリハビリ訓練、動作補助など人の運動や行為において模範動作や訓練動作を3次元位置姿勢、速度、時間データとして記録・保存し、人に対してその運動や行為を再現することは非常に有用であるが、これまでのロボットでは安全性や操作性などの面から人に適用することは困難であった。

【0008】それゆえに、この発明の主たる目的は、人の動作や行為などの3次元運動を記録し、人に対して記録した動作や行為などの3次元運動を提示することができ、訓練ロボットおよびこの3次元運動を、ネットワークを通じて多くの利用者に提示するようにした訓練ロボットシステムを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明は、ロボットアームを駆動する駆動手段、人による身体の動作や行為に基づく運動を元に決定された3次元動作軌道に、速度および時間を関連づけて得られた運動データに基づき、ロボットアームにより支持された人の肢体の動きが3次元動作軌道を再生するように駆動手段を制御する運動再生制御手段を備える、訓練ロボットである。

【0010】また、他の発明は、訓練、スキル等に基づ

く人による身体の3次元動作を運動データとして作成し保存するコンピュータ、このコンピュータから運動データを利用者に配信する通信手段、およびこの通信手段を介して受信した運動データを人の3次元動作に再現して利用者に提示する訓練ロボットを含む、訓練ロボットシステムである。

【0011】更に、他の発明は、人による身体の動作や行為に基づく運動を元に決定された3次元動作軌道を再生するようにロボットアームを制御する訓練ロボットの制御方法であって、この3次元動作軌道に速度および時間を関連づけて得られた運動データに基づき、ロボットアームにより支持された人の肢体を3次元動作軌道に対して柔軟な拘束を行うようにロボットアームを制御する、訓練ロボットの制御方法である。

【0012】

【作用】運動再生の際、作成した動作軌道に対して、例えばロボットアームのように高剛性で拘束するのではなく、軌道からの位置ずれに対して仮想的な動的変位ばね、ダンパ制御を適用することにより適当な許容を認め、スムーズな運動再現を実現する。また、この基準運動の再生において常時、軌道接線方向への力を与えることが可能であり、牽引力を与える運動補助、あるいは抵抗力を与える運動抵抗等を動作状態により動的に切替えることができる。さらに、ネットワークを通じて多くの利用者が同時に3次元運動の訓練動作を受けることができる。

【0013】

【発明の効果】この発明によれば、訓練ロボットとして、例えば、ロボットアームを用いて人の動作や行為などの3次元運動をデータとして取得し、人への運動再生時、基準運動の軌道、時間に対する拘束が動的に可変な柔軟性を持つため安全で、かつ不快感や身体に対する負担の少ない滑らかな運動が可能となる。

【0014】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して以下に行う実施例の詳細な説明により一層明らかとなろう。

【0015】

【実施例】図1はこの発明の一実施例を示す訓練ロボットの概略構成を説明するための斜視図である。

【0016】例えば、上肢のリハビリなどの一般的な動作訓練においては、通常、医師や理学療法士などが患者の手等を持って各種の運動をさせることにより訓練を行うが、この発明を適用することにより、例えばロボットアームを用いた上肢訓練、および訓練補助が可能となるものである。

【0017】すなわち、まず、訓練動作の記録方法として、療法士が自ら訓練機器として、例えば、ロボットアームを身体の一部である腕部に装着し、教示モードにおいてリハビリ動作を行い、その3次元動作をサンプリングする。そして、サンプリングした動作をコンピュータ

のメモリに保存し、患者が訓練動作を行うときにメモリより読み出し、動作を再生する。

【0018】また、他の方法として、例えば、患者（利用者や訓練者を含む）が訓練機器を身体の一部に装着した状態で療法士が手を添えて教示モードにおいてリハビリ動作を行い、その3次元動作をサンプリングする。そして、サンプリングした模範動作（基準動作）をコンピュータのメモリに保存し、患者が改めて訓練動作を行うときにメモリより読み出し、動作を再生する。

【0019】更に、その他の方法として、予め症例に応じた動作をコンピュータのメモリに保存、または外部から読み込み、以後は先に説明した通りに動作を再生する。

【0020】図1において、この訓練ロボット10は、3自由度を有するロボットアーム12の先端部14を利用時に準じた人（例えば、患者や訓練者を含む利用者）16の上肢18で把持または手首部に装着した状態で上肢訓練運動の教示軌道20となる、例えば理学療法士の自然な3次元運動（X、Y、Zの位置P、速度V）を適当な間隔（時間、または位置基準）で連続して取得する。このことを図2に基づき詳細に説明する。

【0021】まず、図2に示す教示軌道20上の各記号は、以下の内容を表している。

【0022】 $P_1, P_2, \dots, P_n, \dots, P_m$ (P_n : n番目の位置、m: 取得ポイント数)

$V_1, V_2, \dots, V_n, \dots, V_m$ (V_n : n番目の位置 P_n での速度)

$T_1, T_2, \dots, T_n, \dots, T_m$ (T_n : n番目の位置 P_n での経過時間)

そして、獲得した位置 P_n に基づいてこれらを滑らかに補完する3次元スプライン曲線軌道を生成・保存する。

【0023】この際、X軸をキー軸として設定し、図3に示すようにX-Y平面、X-Z平面に各点を投影して各平面における2次元スプライン曲線を計算、例えばコンピュータで計算し、これらを合成することにより図2に示されるような3次元の滑らかな曲線軌道を得る。そして、図3および図4に示すようにX軸に関して区間 $[X_0, X_{max}]$ を適当に分割($J_1, J_2, \dots, J_u, J_{u+1}, \dots, J_{nmax}$)し、軌道演算のため曲線データを離散化する。

【0024】一方、患者、または利用者16は訓練において基準運動作成時と同様にロボットアーム12の姿勢3自由度が自在の先端部14を上肢18で把持、または手首部に装着した状態で上肢18の運動訓練を行う。このとき、例えばコンピュータのメモリ(RAM)に保存した基準運動データを、マイコンを含むロボットコントローラ22にロードし、これに基づき再現された空間上の仮想的3次元軌道20を上肢18が動くように、サーボモータ等の駆動装置により駆動されるロボットアーム12を介して上肢18に力が加わることにより、利用者

16は基準運動への空間・時間拘束として体感することができ、上肢18の3次元空間での運動訓練が実現できる。

【0025】上述の訓練ロボット10の利用時、運動に同期してディスプレイ24に教示軌道20からのずれや力などの運動評価、状態表示、あるいは仮想的な訓練内容に即したオブジェクトを配置し、臨場感を提示すると共に目と手の協調動作を行うことなども可能である。

【0026】この際、生成した基準運動の教示軌道および運動方向への柔軟な拘束を与えるが、その具体的な方法は以下の通りである。

【0027】すなわち、図4および図5において、訓練ロボット10の制御周期毎にロボットアーム12の先端部14の位置（人の手首位置）の現在位置 Q_{now} と3次元軌道上の制御点 J_n （ $n=0\cdots, n_{max}$ ）との最近位点 J_u を探索し、この2点から現在位置 Q_{now} → J_u 方向の単位ベクトル i 、および軌道上の最近位点 J_u → J_{u+1} 方向の単位ベクトル e を定義する。

【0028】ここで、単位ベクトル i は、軌道への復帰（拘束）力方向ベクトル、単位ベクトル e は、運動方向ベクトルとする。なお、最近位点 J_u の探索は過去の探索履歴を利用することによりコンピュータで高速に探索することができる。

【0029】図5における軌道復帰（拘束）力 F_i は、数1で定義する関数で表される。

【0030】

【数1】 $F_i = f(du, vn)$

ここで、 du ：現在位置 Q_{now} －制御点 J_u 間の距離、 vn ：ロボットアームの先端運動速度
具体的には、例えば、 $F_i = K_i \cdot du - D_i \cdot vn$ と設定した場合、基準運動データにより与えた軌道上の点に対してロボットアーム12の現在位置 Q_{now} が仮想的なばね、ダンパ要素により柔軟に拘束することができる。

【0031】上述の制御により、患者または利用者16はロボットアーム12の先端部14を手首等に装着することで基本的には3次元の基準運動に沿った動作訓練が実現できる。この際、柔軟な拘束制御を行っているため、患者または利用者16に無理な負担や負荷が加わることを防ぎ安全な訓練動作を行うことができる。

【0032】また、 K_i 、 D_i パラメータの動的な変更により身体状況、運動状況に応じて柔軟性を調整することが可能である。

【0033】更に、柔軟な拘束制御の別の効果として、例えば腕（上肢）の長さ、屈曲角度等の身体特性の異なる患者または利用者16に対して同一の基準運動データを適用してもある程度個人差を吸収して滑らかな運動を実現できる。また、軌道上の連続運動時の衝撃を和らげることが可能となり、軌道に沿った滑らかな動作を行うことができる。

【0034】次に、軌道方向の時間的拘束力、あるいは

牽引力または負荷力である F_e は、以下の通り計算される。

【0035】すなわち、軌道方向ベクトルは先に説明した単位ベクトル e で与えられるから、この負荷力 F_e の大きさは、数2で表すことができる。

【0036】

【数2】 $F_e = g(vr, vn, tr, tn)$

ここで、 vn ：ロボットアームの先端運動速度

vr ：基準運動データ中の制御点 J_n における目標速度

tn ：運動開始からの経過時間

tr ：基準運動データ中の制御点 J_n における目標通過時間

この軌道方向の拘束力 F_e を、具体的な例としては、数3で表すことができる。

【0037】

【数3】 $F_e = H_e(tr - tn - th) + S_e(vr - vn - vh) - D_e vn + C_e$

ここで、 H_e ：時間拘束項係数

S_e ：速度拘束項係数

D_e ：粘性項係数

C_e ：一定牽引力（一定負荷力）

th ：時間拘束項補正項

vh ：速度拘束項補正項

これにより、急激な速度変化を抑制することにより安全性の確保を行い、必要に応じてパラメータ調整を行うことで基準運動データに基づく時間拘束、または速度フィードバックを行い基準運動時間に従うようにフィードバックをかける。

【0038】ただし、 $(tr - tn - th)$ 、 $(vr - vn - vh)$ は、安全のためある程度以上偏差が大きくなならないよう拘束に柔軟性を持たせるため、 th 、 vh を動的に調整可能な項とする。

【0039】また、リハビリ訓練の状況に応じて、上述の数3の C_e 項を調節して牽引力 F_e を加えて運動を介助し、あるいは負荷力（負方向の牽引力）を加えることにより、例えば、筋力トレーニングを繰り返す行うことができる。

【0040】図6にはこの訓練ロボット10のハードウェアの構成を説明するブロック図が示されている。

【0041】図6において、訓練ロボット10は、ロボット本体としてのロボットアーム12と、外部パーソナルコンピュータ（以下、「コンピュータ」という）26から基準運動の教示データを受け取り、このデータを処理してロボットアーム12を駆動するロボットコントローラ22を含む。

【0042】ロボットアーム12には、駆動源としてのサーボモータ28、ロボットアーム12の実際の動作位置を検出するポテンシオメータ30および動作制限を行うリミットスイッチ（図示せず）や動作状態を表示するパイロットランプ32が設けられている。

【0043】一方、ロボットコントローラ22は、中央

処理装置（CPU）34、このCPU34とコンピュータ26を接続する通信インターフェース（通信I/F）36、各種データを保存するメモリカード38とCPU34との間で直接データの授受を行うために接続されたメモリカード入出力部（メモリカードI/O）40、およびCPU34に接続されデータを保存するメモリ部42を含む。また、このメモリ部42はメモリカードI/O40に接続されてメモリカード38との間で相互に保存データを授受する。

【0044】メモリ部42には保存データとしてロボット制御プログラムが記憶されている。また、メモリカード38は運動データや個人訓練記録などの個人データを保存するもので、例えば訓練開始時にメモリカード38から個人データをCPU34に読み込み、ロボットアーム12に必要な動作を行わせ、訓練終了後に個人データを保存するなどの目的に使用される。

【0045】更に、CPU34とサーボモータ28との間にはD/A変換器44と駆動回路46、また、ポテンシオメータ30との間にはA/D変換器、さらには図示されないリミットスイッチおよびパイロットランプ32との間にはインターフェース（PIO）50が、夫々設けられている。

【0046】次に上述の構成における動作について説明する。

【0047】まず、コンピュータ26から人の動作や行動に基づく3次元基準運動の教示データがロボットコントローラ22の通信I/F36を経由してCPU34にロードされる。そして、ロボットコントローラ22ではメモリ部（ROM、RAMを含む）42およびメモリカード38から必要な保存データを読み出し、CPU34で軌道作成、軌道計算あるいは運動再生計算等が行われる。その結果が、D/A変換器44でアナログ信号に変換されて駆動回路46から駆動電流がサーボモータ28に供給されてロボットアーム12が駆動され、人に対して基準運動の教示データに基づく3次元運動を提示する。それにより、例えば、患者や訓練者16の上肢18の訓練動作を行うことができる。

【0048】この場合、ロボットアーム12の実際の動作位置はポテンシオメータ30により検出され、そのアナログ信号はA/D変換器48によりデジタル信号に変換されてCPU34に入力される。CPU34では基準運動の教示データとのずれ（偏差）を演算して偏差信号をD/A変換器44を経由して駆動回路46に与えることでサーボモータ28が制御されロボットアーム12の軌道復帰が行われる。なお、ロボットコントローラ22はコンピュータ26を介してネットワークに接続することができる。

【0049】また、PIO50によりロボットコントローラ22が外部のパイロットランプ32のオン、オフを行ったり、ロボットアーム12に設けたリミットスイ

チのオン、オフを複数同時に読み取ったりして動作の安全性を確保する。そして、ロボットコントローラ22から計算された教示軌道20やロボットアーム12の動作に基づく運動軌道が表示部（ディスプレイ）24に表示され、先に説明したように訓練者16は目と手の協調動作を行うことができる。

【0050】さらに、図7および図8には示されるロボットアームの動作ガイド制御フローチャートについて説明する。

（1）基準運動作成フロー：図7において、まず、ステップS1でロボットコントローラ22のメモリ部42のROMに記憶されているロボット制御プログラムは、動作教示モードに設定される。

【0051】次に、ステップS3で療法士の教示運動、利用者による動作、保存データの読み込みあるいはその他の方法により教示データの生成を行う。この実施例では、コンピュータ26による保存データの読み込みにより人による身体の3次元運動教示データの生成を行う。

【0052】更に、ステップS5ではコンピュータ26から通信I/F36を介してロボットコントローラ22のCPU34に3次元運動教示データを獲得し、ステップS7ではCPU34で3次元軌道生成を実行して3次元軌道を作成する。そして、ステップS9では前のステップS7で作成された3次元軌道に関するデータをメモリ部42のRAMに保存する。これで、基準運動軌道の作成が完了する。

（2）運動再生フロー：この場合は、例えば、訓練を受ける利用者16の上肢18は既にロボットアーム12の先端部14に装着若しくは先端部14を把持しているものとする。

【0053】図8において、ステップS11でロボットコントローラ22のメモリ部42のROMに保存されているロボット制御プログラムを動作再生モードに設定する。そして、メモリ部42のRAMに保存されている3次元基準運動軌道の教示データがCPU34に読み込まれる。

【0054】次に、ステップ13では、ポテンシオメータ30によりロボットアーム12の実際の動作位置が検出され、その検出信号がA/D変換器48を経由してCPU34にデジタル信号としてフィードバックされる。ステップS15ではフィードバックされた検出信号に基づきCPU34で基準運動軌道からの位置・時間のずれ量を計算すると共に、ステップS17では、このずれ量に応じて軌道復帰の為のロボットアーム12の発生反力を計算する。

【0055】そして、ステップS19ではステップS17で計算された発生反力に対応した駆動電流を駆動回路46よりサーボモータ28に供給し、ロボットアーム12を軌道復帰するように駆動する。この際、ロボットアーム12より利用者16の上肢18を完全に位置拘束し

ない仮想ばね、粘性パラメータ等の変更・調整により滑らかな軌道復帰を行えるようにステップS13に修正を行う。

【0056】なお、図7に示すフローに従い人の3次元動作軌道に関するデータを取得し、ここで得られたデータに基づいて図8に示すフローを他の訓練ロボットで実行してもよい。

【0057】次に、図9に示すこの発明の他の実施例（第2実施例）について説明する。

【0058】この第2実施例においては、先に説明した第1の実施例で示したロボットアーム12を拡張して3軸の姿勢制御を付加し、ロボットアーム12の先端部14に3軸姿勢制御部25を加え、6軸以上のロボットアーム12を構成することにより、姿勢を含めた運動提示を行うことが可能である。これにより、例えば姿勢制御が必要な絵画、書道、字書等のトレーニングへの適用が可能となる。

【0059】また、図10に示すこの発明によるさらに他の実施例（第3実施例）は、先に説明した第1実施例および第2実施例の訓練ロボット10を、例えば利用者の自宅や訓練センター等に配置し、ネットワークを通じて多くの人に利用できるようにした訓練ロボットシステムである。

【0060】図10(a)に示すようにネットワークで利用することにより、例えばインターネット52を介してホストコンピュータ（外部サーバー）より基準運動の教示データを先に説明した訓練用ロボット10を所有する複数の患者または利用者16に対して配信、あるいは互いに送受信し、オンライン、またはこの運動教示データをロボットコントローラ22のメモリ部42に保存してオフラインで運動再生を行うことが可能である。

【0061】さらには、図10(b)に示すように、実時間でホストコンピュータ（外部サーバー）から運動教示データを複数の訓練用ロボット10に配信し、講師等54が複数の受講者（利用者）16に対して同時に、例えば書道などのトレーニングを、インターネットなどの

ネットワーク52を通じて行うことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明による第1の実施例を示す訓練ロボットの概略構成を説明する斜視図である。

【図2】この発明で使用する3次元軌道データの斜視図である。

【図3】図2におけるX-Y平面およびX-Z平面における軌道分解図である。

【図4】図2における軌道復帰（拘束）力および軌道方向拘束力の計算を行うための概念図である。

【図5】図4に相当する他の概念図である。

【図6】この発明による訓練ロボットAのハードウェアの構成を示すブロック図である。

【図7】ロボットアームによる基準運動作成の動作を示す制御フローチャートである。

【図8】ロボットアームによる運動再生の動作を示す制御フローチャートである。

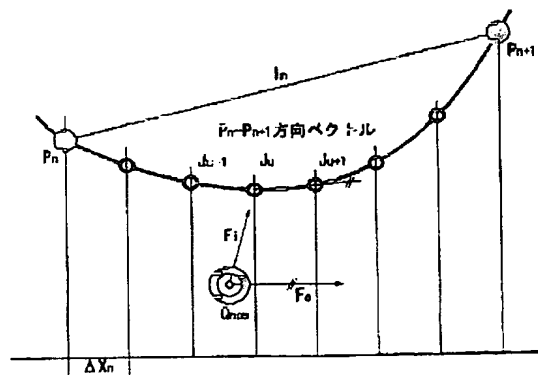
【図9】この発明の他の実施例である姿勢制御部を含む訓練ロボットの概略構成を示す斜視図である。

【図10】(a)および(b)は、いずれもこの発明のさらに他の実施例であるネットワークを利用した訓練ロボットシステムの説明図である。

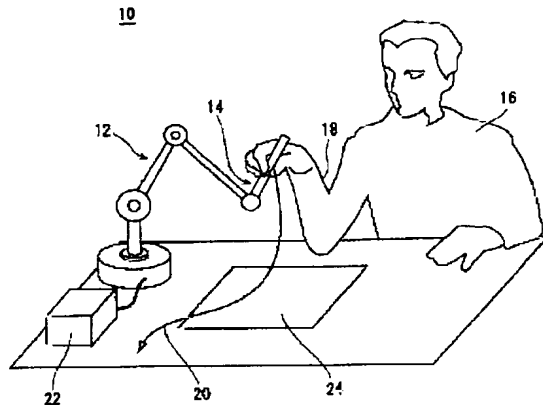
【符号の説明】

- 10 …訓練ロボット
- 12 …ロボットアーム
- 14 …ロボットアームの先端部
- 15 …把持・装着部
- 16 …利用者（患者あるいは訓練者も含む）
- 18 …上肢
- 20 …教示運動軌道
- 22 …ロボット制御部（ロボットコントローラ）
- 24 …表示部（ディスプレイ）
- 25 …姿勢制御部
- 26 …コンピュータ
- 52 …インターネット（通信手段）

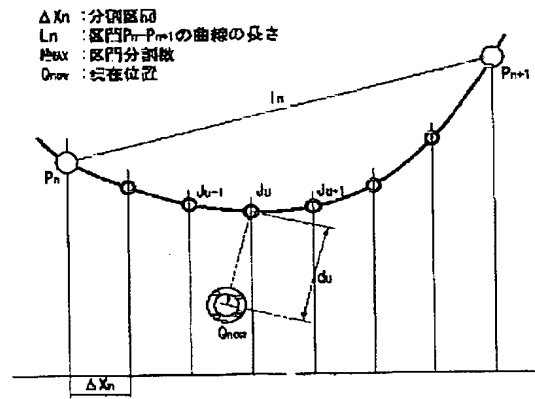
【図5】



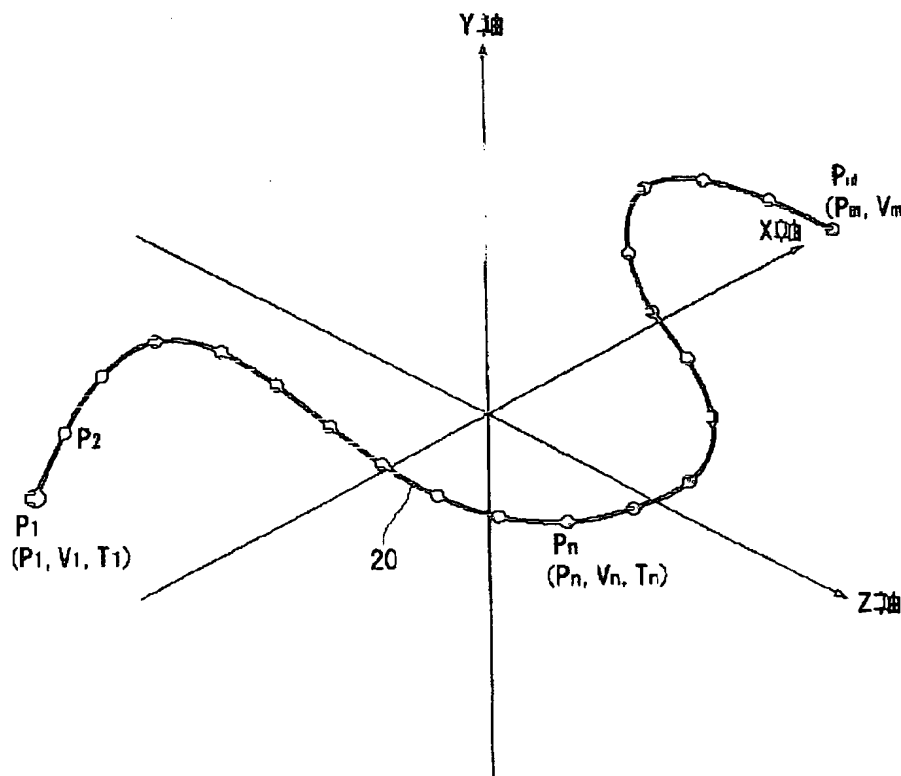
【図1】



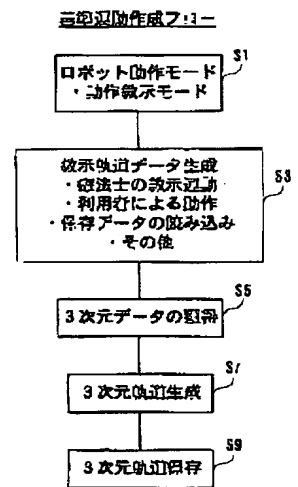
【図4】



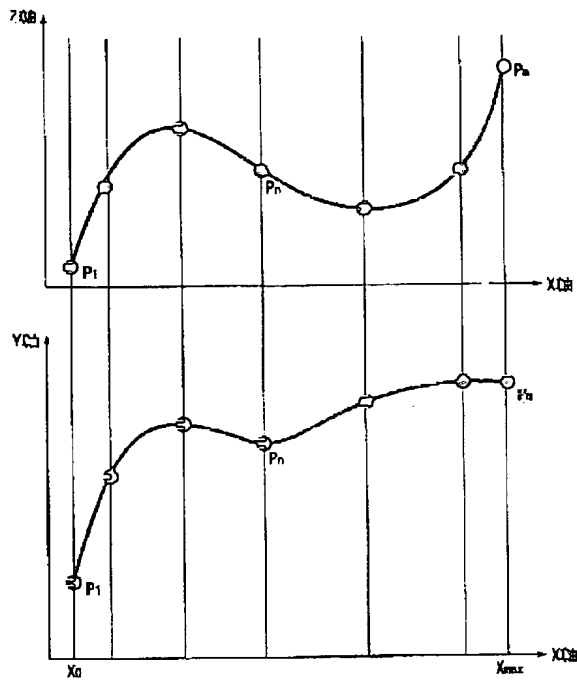
【図2】



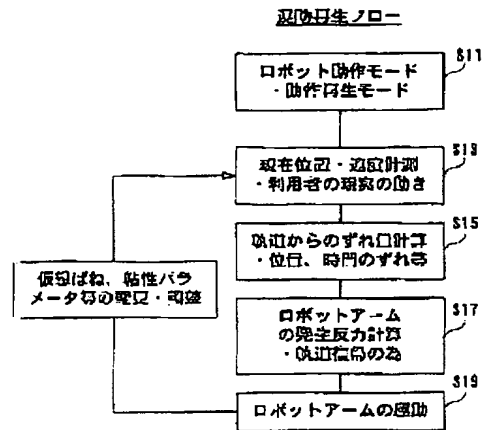
【図7】



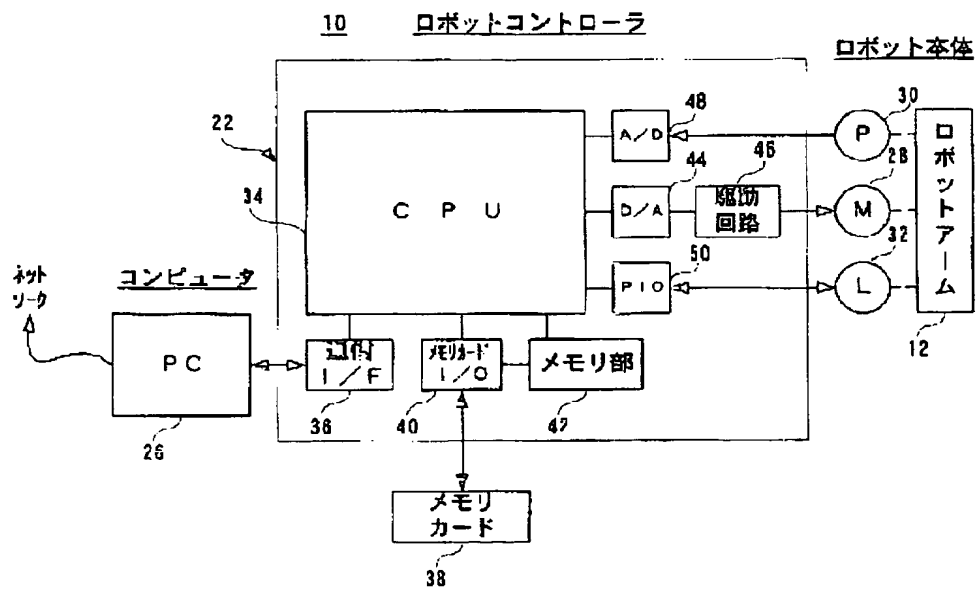
【図3】



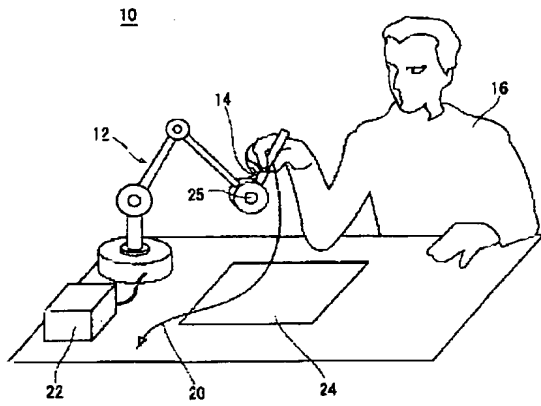
【図8】



【図6】



【図9】



【図10】

